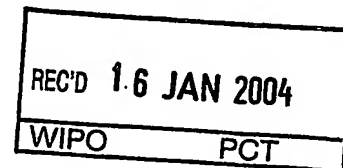


#2

EP 103/13603

**PRIORITY DOCUMENT**  
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH  
RULE 17.1(a) OR (b)



**Prioritätsbescheinigung über die Einreichung  
einer Gebrauchsmusteranmeldung**

**Aktenzeichen:** 202 18 972.4

**Anmeldetag:** 7. Dezember 2002

**Anmelder/Inhaber:** Ehrfeld Mikrotechnik AG, Wendelsheim/DE

**Bezeichnung:** Statischer Laminationsmikrovermischer

**IPC:** B 01 F 5/06

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Gebrauchsmusteranmeldung.

München, den 10. Dezember 2003  
**Deutsches Patent- und Markenamt**  
**Der Präsident**

Im Auftrag

Erst

5 Ehrfeld Mikrotechnik AG  
Mikroforum Ring 1

55234 Wendelsheim

10

15

**Statischer Laminationsmikrovermischer**

## 5 Statischer Laminationsmikrovermischer

- 10 Die Erfindung betrifft einen statischen Laminationsmikrovermischer zum Vermischen von mindestens zwei Flüssigkeiten, wobei dieser mindestens eine Schlitzplatte mit Schlitzöffnungen und eine darüber angeordnete Blendplatte mit Blendschlitzen enthalten muss.
- 15 Bei statischen Mikrovermischem handelt es sich um Schlüsselemente der Mikroreaktionstechnik. Statistische Mikrovermischer nutzen das Prinzip der Multilamination aus, um so ein schnelles Vermischen von Fluiden durch Diffusion zu erreichen. Durch eine geometrische Ausgestaltung von abwechselnd angeordneten Lamellen ist es möglich, ein gutes Vermischen im mikroskopischen
- 20 Bereich zu gewährleisten. Multilaminationsmischer aus strukturierten und periodisch gestapelten dünnen Platten sind bereits in der Literatur ausführlich beschrieben; Beispiele hierfür finden sich in den deutschen Patenten DE 44 16 343, DE 195 40 292 und der deutschen Patentanmeldung DE 199 28 123. Die deutsche Patentanmeldung DE 199 27 554 beschreibt außerdem im Gegensatz
- 25 zu den Multilaminationsmischern, die aus strukturierten und periodisch gestapelten, dünnen Platten bestehen, einen Mikrovermischer zum Mischen von zwei oder mehr Edukten, wobei der Mikrovermischer Mischzellen aufweist. Jede dieser Mischzellen weist eine Zuführkammer auf, an die mindestens zwei Gruppen von Kanalfingern angrenzen, die zur Bildung von Mischbereichen kammartig
- 30 zwischen die Kanalfinger eingreifen. Über dem Mischbereich befinden sich Auslassschlitze, die sich senkrecht zu den Kanalfingern erstrecken und durch die das Produkt austritt. Durch die Parallelschaltung in zwei Raumrichtungen ist ein deutlich höherer Durchsatz möglich.
- 35 Der im Patentanspruch 1 angegebenen Erfindung liegt das Problem zugrunde, dass sich Mikrovermischer mit Verunreinigungspartikeln zusetzen können und damit zur Verstopfung neigen; durch die unzureichende Reinigungsmöglichkeit

5 ist eine erhebliche Einschränkung der Einsatzmöglichkeiten von Mikrovermischern gegeben. Bei den aus Platten ausgebildeten Mikrovermis-  
chern sind die Platten vorzugsweise fest miteinander verbunden und die Mikrostrukturen da-  
durch nicht mehr frei zugänglich; eine Reinigung der beschriebenen Mikrover-  
mischer ist deshalb nicht auf einfache Art und Weise möglich. Zur Reinigung  
10 eines entsprechenden Mikrovermischers müssen die Plattenstapel demontiert  
werden, was sich in der Regel als sehr aufwendig erweist.

Diese Probleme werden durch den im Patenanspruch 1 beschriebenen stati-  
schen Laminationsmikrovermischer gelöst, der zum Mischen von mindestens  
15 zwei Flüssigkeiten mindestens eine Schlitzplatte mit Schlitzöffnungen und eine  
darüber angeordnete Blendplatte mit Blendschlitzen enthält.

Die mit der Erfindung erzielten Vorteile bestehen darin, dass der statische La-  
minationsmikrovermischer kostengünstig gefertigt werden kann, leicht zu reini-  
gen ist und die zu mischenden Fluide schnell und effektiv miteinander vermischt  
20 werden. Zudem ist der Druckverlust so gering, dass er auch für große Durch-  
sätze Anwendung finden kann.

Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind in den Schutzansprüchen 2  
25 und folgenden angegeben. Nach Schutzanspruch 2 kann die Anzahl der Blend-  
schlitze in der Blendplatte und/oder die Anzahl der Schlitzöffnungen in der  
Schlitzplatte größer als 1 sein. Die Schlitzöffnungen in der Schlitzplatte können  
hierbei parallel zueinander versetzt und/oder in einem periodischen Muster zu-  
einander angeordnet sein. Nach Anspruch 4 können die Schlitzöffnungen zu-  
30 einander schräg angeordnet sind. Eine weitere Ausgestaltung erlaubt es, dass  
die Schlitzöffnungen in Richtung Zuführkanal trichterförmig ausgestaltet sind.  
Weiter ist es möglich, dass mehrere Schlitzplatten und/oder Blendplatten direkt  
übereinander versetzt zueinander angeordnet sind. Eine vorteilhafte Ausgestal-  
tung nach Schutzanspruch 8 gestattet es, dass die Mischkammer zum Mischen  
35 der Fluide an die Blendplatte grenzt. Nach Schutzanspruch 9 ist es auch mög-  
lich, dass die Blendschlitz in der Blendplatte parallel zueinander versetzt  
und/oder in einem periodischen Muster zueinander angeordnet sein können.

5 Eine weitere vorteilhafte Ausgestaltung der Erfindung gestattet es, dass die Schlitzöffnungen in der Schlitzplatte und die Blendschlitze in der Blendplatte in einem beliebigen Winkel, vorzugsweise 90°, zueinander verdreht, angeordnet sein können. Nach Schutzanspruch 11 ist es zudem möglich, dass die Schlitzöffnungen in der Schlitzplatte und die Blendschlitze in der Blendplatte eine Breite von weniger als 100 µm aufweisen können. Eine weitere vorteilhafte Ausgestaltung gestattet es, dass die Schlitz- und Blendplatten teilweise oder vollständig aus Metall, Glas, Keramik und Kunststoff oder aus einer Kombination dieser Materialien bestehen können. Nach Schutzanspruch 13 können die Schlitz- und Blendplatten durch Stanzen, Prägen, Fräsen, Erodieren, Ätzen, Plasmaätzen, Laserschneiden, Laserablattieren oder durch die LIGA-Technik, vorzugsweise aber durch Ätzen oder Laserschneiden, hergestellt werden. Eine weitere vorteilhafte Ausgestaltung erlaubt es, dass die Schlitz- und Blendplatten aus einem Stapel von mikrostrukturierten dünnen Platten bestehen; diese dünnen mikrostrukturierten Platten können stoffschlüssig durch Löten, Schweißen, Diffusionsschweißen oder Kleben oder kraftschlüssig durch Verschrauben oder Vernieten miteinander verbunden werden. Eine vorteilhafte Ausgestaltung nach Schutzanspruch 16 gestattet es, dass die Blendschlitze in der Blendplatte und/oder die Schlitzöffnungen in der Schlitzplatte verzweigt ausgestaltet sein können. Der so erhaltene statische Mikrovermischer kann nach Schutzanspruch 17 in einem dafür vorgesehenen Gehäuse untergebracht werden. Nach Schutzanspruch 18 kann das Gehäuse Kanäle enthalten, die eine räumliche Auftrennung der Fluide ermöglichen.

Ausführungsbeispiele der Erfindungen sind in den Zeichnungen dargestellt und werden im nachfolgenden näher beschrieben.

Es zeigen:

Fig. 1 schematische Darstellung des statischen Mikrovermischers bestehend aus einer Schlitz- und einer Blendplatte;

- 5 Fig. 2a Explosionsdarstellung eines statischen Laminationsmikrovermischer bestehend aus Gehäuseunterteil (10), Zuführkanälen (11), Schlitzplatte (20) und Blendplatte (30);
- 10 Fig. 2b Darstellung eines statischen Laminationsmikrovermischer bestehend aus Gehäuseunterteil (10), Zuführkanälen (11), Schlitzplatte (20) und Blendplatte (30);
- 15 Fig. 3a Draufsicht auf die Zuführkanäle (11), Schlitzöffnungen (22a, 22b) und Blendschlitzen (31) eines statischen Laminationsmikrovermischer
- 20 Fig. 3b Draufsicht auf die Schlitzöffnungen unterschiedlicher Geometrie und Orientierung (22) in einer Schlitzplatte (20) eines statischen Laminationsmikrovermischer;
- Fig. 4a Draufsicht auf einen statischen Laminationsmikrovermischer bestehend aus Gehäuseunterteil (10), Schlitzplatte (20) und Blendplatte (30);
- 25 Fig. 4b Draufsicht auf einen statischen Laminationsmikrovermischer;
- Fig. 5 Explosionsdarstellung eines statischen Mikrovermischer;
- 30 Fig. 6 Explosionsdarstellung eines statischen Mikrovermischer mit Betrachtungswinkel von unten;
- Fig. 7a schematische Darstellung des Gehäuseunterteils (10);
- 35 Fig. 7b Querschnitt durch Gehäuseunterteil (10) entlang der Ebene B-B;
- Fig. 7c Querschnitt durch Gehäuseunterteil (10) entlang der Ebene C-C;

5    Fig. 8a       schematische Darstellung eines statischen Mikrovermischers mit zwei unterschiedlichen Schlitzplatten und versetzt zueinander angeordneten Schlitzöffnungen (22, 23);

10    Fig. 8b       schematische Darstellung eines zusammengesetzten statischen Laminationsmikrovermischers mit zwei unterschiedlichen Schlitzplatten.

15    Fig. 1 zeigt die schematische Darstellung eines statischen Laminationsmikrovermischers bestehend aus Unterteil 10, einer Schlitzplatte 20 und einer Blendplatte 30. Das Unterteil 10 enthält für das Fluid A den Zuführkanal 11a und für das Fluid B den Zuführkanal 11b. Die Schlitzplatte 20 weist für die Fluide A und B Schlitzöffnungen 22a und 22b auf, die zur unproblematischen Mischung unterschiedlicher Flüssigkeitsmengen auch unterschiedlich groß sein können und  
20    aus den Zuführkanälen 11a und 11b gespeist werden. Oberhalb der Schlitzplatte 20 befindet sich die Blendplatte 30 mit einem Blendschlitz 31. Die Blendplatte 30 deckt hierbei den äußeren Bereich der Schlitzöffnungen 22a und 22b ab, während der mittlere Bereich der Schlitzöffnungen 22a und 22b mit dem Blendschlitz 31 überlappt und dadurch frei bleibt.

25

Fig. 2a zeigt die Explosionsdarstellung eines statischen Mikrovermischers bestehend aus Unterteil 10, Zuführkanälen 11a und 11b, Schlitzplatte 20 und Blendplatte 30. Die Zuführkanäle 11a und 11b enthalten jeweils das Fluid A bzw. das Fluid B; über diesen Zuführkanälen befindet sich die Schlitzplatte 20 mit den Schlitzöffnungen 22a und 22b. Oberhalb dieser befindet sich die Blendplatte 30, deren Blendschlitze in einem Winkel von 90° zu den Schlitzöffnungen 22a und 22b angeordnet sind.

35    Fig. 2b zeigt eine schematische Darstellung eines statischen Mikrovermischer, wie in Fig. 2a dargestellt, bestehend aus Unterteil 10, Schlitzplatte 20 und Blendplatte 30.

5 Fig. 3a zeigt als Doppelreihen angeordnete Schlitzöffnungen 22a und 22b in Form von Schlitzbereichen 21. Diese Schlitzbereiche 21 werden durch die Zuführkanäle 11a und 11b mit Fluiden gespeist. Die eine Hälfte der Schlitzöffnungen 22a überlappt mit den Zuführkanälen 11a, die andere mit den Zuführkanälen 11b. In mittleren Bereich der Doppelreihen überlappen die Schlitzöffnungen 22 mit dem darüber angebrachten Blendschlitz 31. Die Schlitzöffnungen 22 können, wie hier dargestellt, auch schräg angeordnet sein.

15 Fig. 3b zeigt Schlitzöffnungen 22 mit unterschiedlicher geometrischer Ausgestaltung und Orientierung. Die Schlitzöffnungen 22 sind hierbei trichterförmig in Richtung Zuführkanal 11a erweitert dargestellt. Oberhalb der Schlitzöffnungen befinden sich die Blendschlitze 31.

20 Fig. 4a zeigt die Draufsicht auf ein Gehäuseunterteil 10. Das Gehäuseunterteil 10 ist mit zahlreichen schlitzförmigen Zuführkanälen 11a und 11b versehen, die abwechselnd rechts oder links verlagert dargestellt sind. In der darüber angeordneten Schlitzplatte 20 befinden sich der als schwarze Balken dargestellte Schlitzbereich 21; der Schlitzbereich 21 ist hierbei jeweils zwischen zwei Zuführkanälen 11a und 11b positioniert, sodass dieser von zwei Zuführkanälen überlappt wird. Die Blendschlitze 31 der darüber liegenden Blendplatte 30 befinden sich mittig über den Schlitzbereichen 21 der Schlitzplatte 20.

Fig. 4b zeigt eine schematische Anordnung aus Zuführkanälen 11a und 11b, Schlitzbereichen 21 und Blendschlitzen 31.

30 Fig. 5 zeigt die Explosionsansicht eines statischen Laminationsmikrovermischers; der Mikrovermischer besteht aus Gehäuseunterteil 10 und Gehäuseoberteil 40. Zwischen dem Gehäuseunterteil 10 und Gehäuseoberteil 40 befinden sich die Schlitzplatten 20 und die Blendplatten 30. In dem Gehäuseunterteil 10 befindet sich eine Nut 13, in die ein Dichtungsring 50 eingelegt werden kann, um so den Mikrovermischer gegen die Umgebung abzudichten. Das Gehäuseunterteil 10 und das Gehäuseoberteil 40 sind jeweils mit Öffnungen für Befestigungselemente 44 versehen, durch die beide gegeneinander fixiert werden



- 5 können. Das Gehäuseunterteil 10 enthält an der Außenfläche zwei Fluideinlasskanäle 12a und 12b für die zu mischenden Fluide A und B. Auf der Oberseite des Gehäuseunterteils 10 sind zahlreiche schlitzförmige Zuführkanäle 11a und 11b eingearbeitet, die abwechselnd zu der einen oder der anderen Seite verlängert ausgestaltet sind und so vom Fluid A oder vom Fluid B gespeist werden können. Die Schlitzplatte 20 enthält zahlreiche Schlitzbereiche 21; oberhalb der Schlitzplatte 20 ist die Blendplatte 30 angebracht, die eine Vielzahl von Blendschlitzten 31 aufweist. Das Gehäuseoberteil 40 enthält einen Fluidauslass 42 zur Ableitung des gewonnenen Gemisches.
- 10
- 15 Fig. 6 zeigt in Analogie zu Fig. 5 eine Explosionsdarstellung eines statischen Laminationsmikrovermischers mit Betrachtungswinkel von der Unterseite. Das Gehäuseoberteil 40 enthält eine große Mischkammer 45, in die alle Blendschlitzze 31 der Blendplatte 30 münden. Zur Abstützung der Blendplatte 30 sind mehrere Wände 41 im Gehäuseoberteil 40 angebracht, wobei diese Wände 40 so positioniert sind, dass die Blendplatte 30 immer genau zwischen den Blendschlitzten 31 abgestützt wird und so die Blendschlitzze 31 nicht verdeckt werden. Zur Verbesserung der Fluidführung sind die Wände 41 in der Mischkammer 45 zum Fluidausgang 42 hin mit Wanddurchbrüchen 43 versehen.
- 20
- 25 Fig. 7a zeigt die schematische Darstellung des Gehäuseunterteils 10. Das Gehäuseunterteil 10 ist mit Zuführkanälen 11a und 11b für die zu mischenden Fluide A und B versehen. An den Außenseiten des Gehäuseunterteils sind Fluideinlässe 12a und 12b vorhanden. Die Aussparungen 44 an den vier Ecken des Gehäuseunterteils 10 gestatten dessen Fixierung.
- 30
- 35 Fig. 7b zeigt den Querschnitt durch das Gehäuseunterteil 10 entlang der Linie B-B in Fig. 7a. Der Fluideinlass 12a setzt sich in dem Fluideinlasskanal 14 für das Fluid A fort. Auf der Oberseite des Fluideinlasskanals 14 befinden sich die Zufuhrkanäle 11a für das Fluid. Auf der Oberseite des Gehäuseunterteils 10 befindet sich eine Nut 13 für das Einlegen eines Dichtungsringes.

- 5 Fig. 7c zeigt den Querschnitt durch das Gehäuseunterteil 10 entlang der Linie C-C in Fig. 7a. Die Zuführkanäle 11a für das Fluid A und 11b für das Fluid B verlaufen abwechselnd parallel, ohne dass es eine Querverbindung zwischen diesen beiden Zuführkanälen gibt. Auf der Oberseite des Gehäuseunterteils 10 befindet sich wieder eine Nut 13 für das Einlegen eines Dichtungsringes.

10

Fig. 8a zeigt die schematische Darstellung eines statischen Laminationsmikrovermischers mit den zwei unterschiedlichen Schlitzöffnungen 22a/22b und 23a/23b. Die Schlitzöffnungen 22a und 22b der ersten Schlitzplatte bilden die Zuführkanäle für die zweite Schlitzplatte mit kleinen Schlitzöffnungen 23a und 23b. Die Schlitzöffnungen 22a/22b und 23a/23b sind jeweils um 90° zueinander verdreht angeordnet.

15

Fig. 8b zeigt die Draufsicht eines solchen statischen Mikrovermischers nach Fig. 8a bestehend aus zwei unterschiedlichen Schlitzplatten, deren Schlitzöffnungen zueinander um 90° gedreht sind.

20

5 Bezugszeichenliste:

- |    |     |                                 |
|----|-----|---------------------------------|
| 10 | 10  | Gehäuseunterteil                |
|    | 11a | Zuführkanal für Fluid A         |
|    | 11b | Zuführkanal für Fluid B         |
|    | 12a | Fluideinlass für Fluid A        |
|    | 12b | Fluideinlass für Fluid B        |
| 15 | 13  | Nut für Dichtungsring           |
|    | 14  | Fluideinlasskanal               |
|    | 20  | Schlitzplatte                   |
|    | 21  | Schlitzbereich                  |
|    | 22a | Schlitzöffnung für Fluid A      |
| 20 | 22b | Schlitzöffnung für Fluid B      |
|    | 23a | Schlitzöffnung für Fluid A      |
|    | 23b | Schlitzöffnung für Fluid B      |
|    | 30  | Blendplatte                     |
|    | 31  | Blendschlitz                    |
| 25 | 40  | Gehäuseoberteil                 |
|    | 41  | Wand                            |
|    | 42  | Fluidauslass                    |
|    | 43  | Wanddurchbruch                  |
|    | 44  | Öffnung für Befestigungselement |
| 30 | 45  | Mischkammer                     |
|    | 50  | Dichtungsring                   |

## 5 Schutzansprüche:

- 10 1. Statischer Laminationsmikrovermischer zum Mischen von mindestens zwei Flüssigkeiten, **dadurch gekennzeichnet**, dass er mindestens eine Schlitzplatte mit Schlitzöffnungen und eine darüber angeordnete Blendplatte mit Blendenschlitzen enthält.
- 15 2. Mikrovermischer nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Anzahl der Schlitzöffnungen in der Schlitzplatte und/oder die Anzahl der Blendenschlitze in der Blendplatte größer als eins ist.
- 20 3. Mikrovermischer nach den Ansprüchen 1 und 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Schlitzöffnungen in der Schlitzplatte parallel zueinander versetzt und/oder in einem periodischen Muster zueinander angeordnet sind.
- 25 4. Mikrovermischer nach den Ansprüchen 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Schlitzöffnungen schräg zueinander angeordnet sind.
- 30 5. Mikrovermischer nach den Ansprüchen 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Schlitzöffnungen unterschiedlich groß sein können und in Richtung Zuführkanal trichterförmig ausgestaltet sind.
- 35 6. Mikrovermischer nach den Ansprüchen 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Querschnitt der Schlitzöffnungen abgerundet ausgestaltet ist.

- 5      7.      Mikrovermischer nach den Ansprüchen 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass mehrere Schlitzplatten und/oder Blendplatten direkt übereinander oder versetzt zueinander angeordnet sind.
- 10      8.      Mikrovermischer nach den Ansprüchen 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Mischkammer an die Blendplatte grenzt.
- 15      9.      Mikrovermischer nach den Ansprüchen 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Blendschlitze in der Blendplatte parallel zueinander versetzt und/oder in einem periodischen Muster zueinander angeordnet sind.
- 20      10.      Mikrovermischer nach den Ansprüchen 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Schlitzöffnungen in der Schlitzplatte und die Blendschlitze in der Blendplatte in einem beliebigen Winkel zueinander, vorzugsweise um 90° verdreht, angeordnet sind.
- 25      11.      Mikrovermischer nach den Ansprüchen 1 bis 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Schlitzöffnungen in der Schlitzplatte und die Blendschlitze in der Blendplatte eine Breite von weniger als 100 µm aufweisen.
- 30      12.      Mikrovermischer nach den Ansprüchen 1 bis 11, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Schlitz- und Blendplatte teilweise oder vollständig aus Metall, Glas, Keramik und Kunststoff oder aus einer Kombination dieser Materialien bestehen.
- 35      13.      Mikrovermischer nach den Ansprüchen 1 bis 12, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Schlitz- und Blendplatten durch Stanzen, Prägen, Fräsen, Erodieren, Ätzen, Plasmaätzen, Laserschneiden, Laserablatieren oder durch die LIGA-Technik, vorzugsweise aber durch Ätzen oder Laserschneiden, hergestellt worden sind.

- 5 14. Mikrovermischer nach den Ansprüchen 1 bis 13, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Schlitz- und Blendplatten aus einem Stapel aus mikrostrukturierten, dünnen Platten bestehen.
- 10 15. Mikrovermischer nach Anspruch 13, **dadurch gekennzeichnet**, dass die dünnen, mikrostrukturierten Platten stoffschlüssig durch Löten, Schweißen, Diffusionsschweißen oder Kleben oder kraftschlüssig durch Verschrauben oder Vernieten miteinander verbunden sind.
- 15 16. Mikrovermischer nach den Ansprüchen 1 bis 15, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Blendschlitze in den Blendplatten und/oder die Schlitzöffnungen in den Schlitzplatten verzweigt ausgestaltet sind.
- 20 17. Mikrovermischer nach den Ansprüchen 1 bis 16, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Mikrovermischer in einem dafür vorgesehenen Gehäuse untergebracht ist.
- 25 18. Mikrovermischer nach den Ansprüchen 1 bis 17, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Gehäuse Kanäle enthält, die eine räumliche Auftrennung der Fluide gestatten.



Fig. 2a

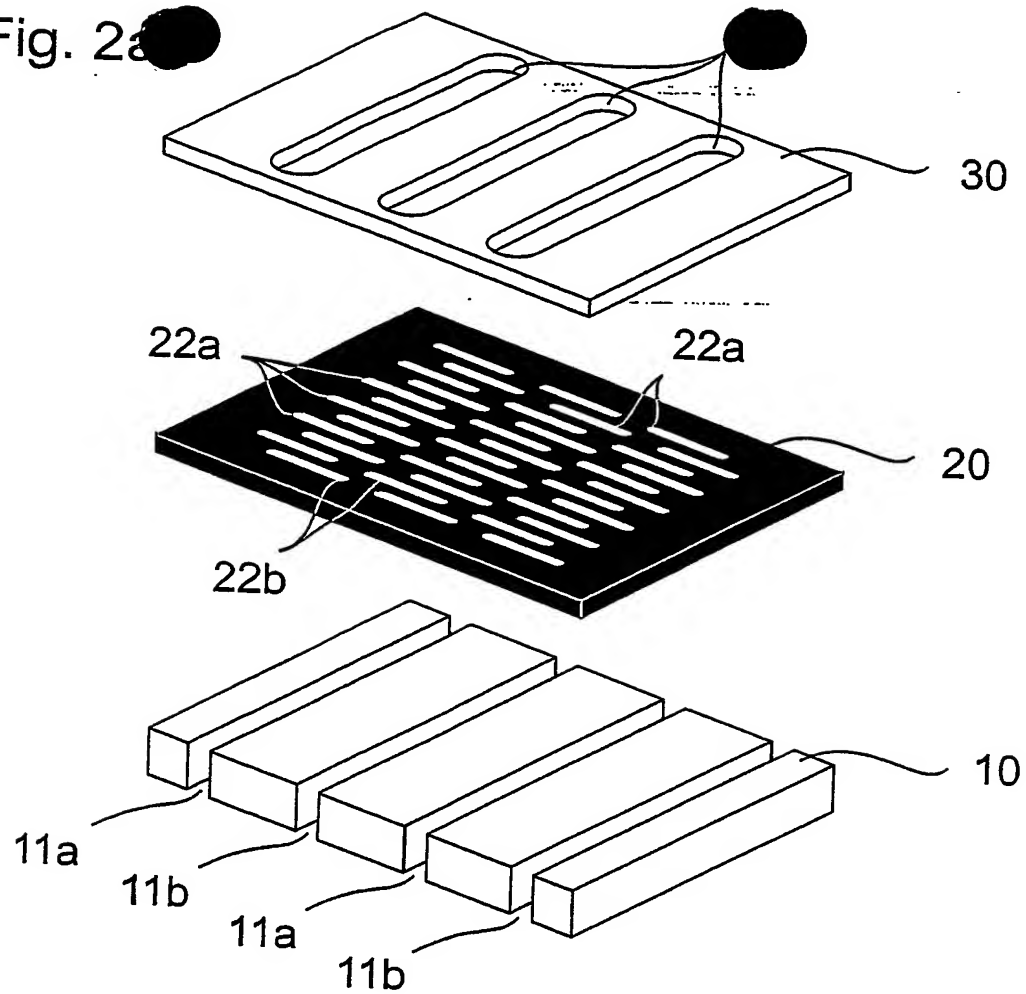


Fig. 2b

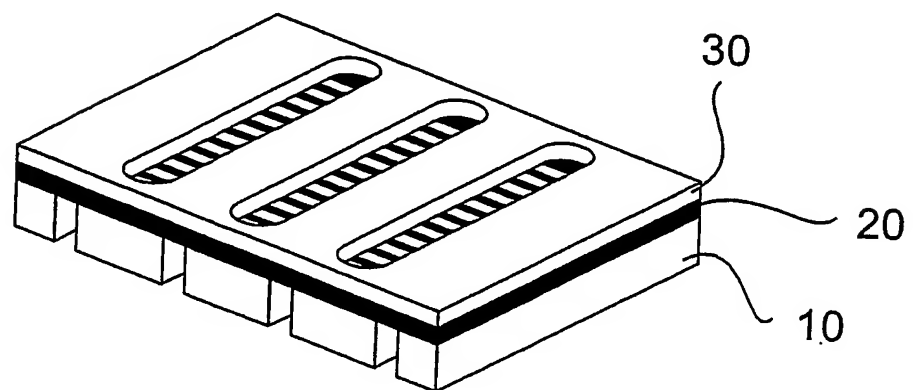




Fig. 3a

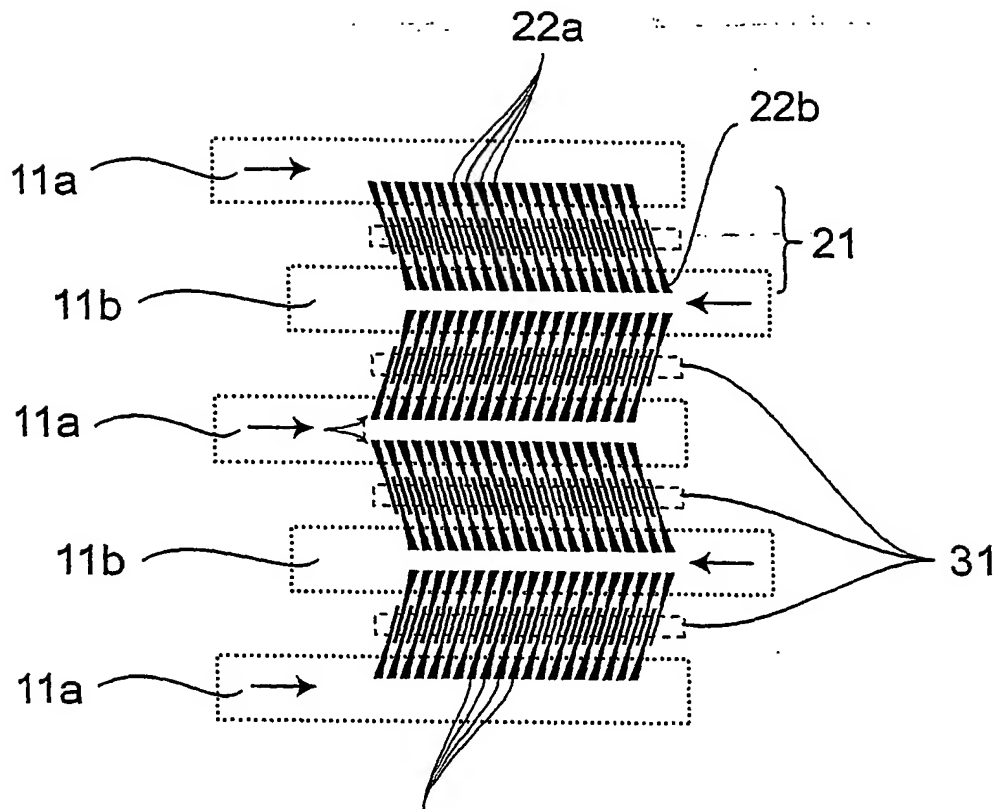


Fig. 3b

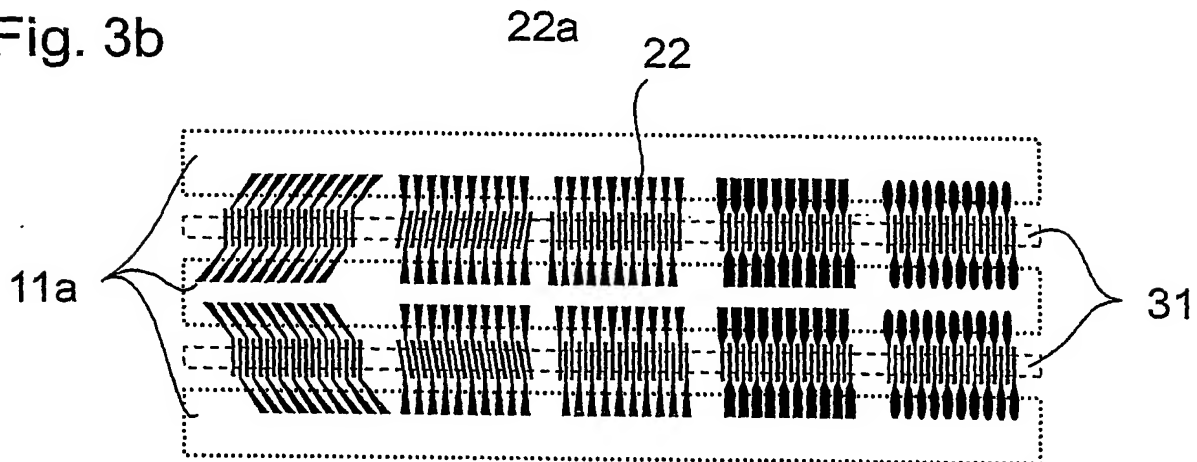


Fig.

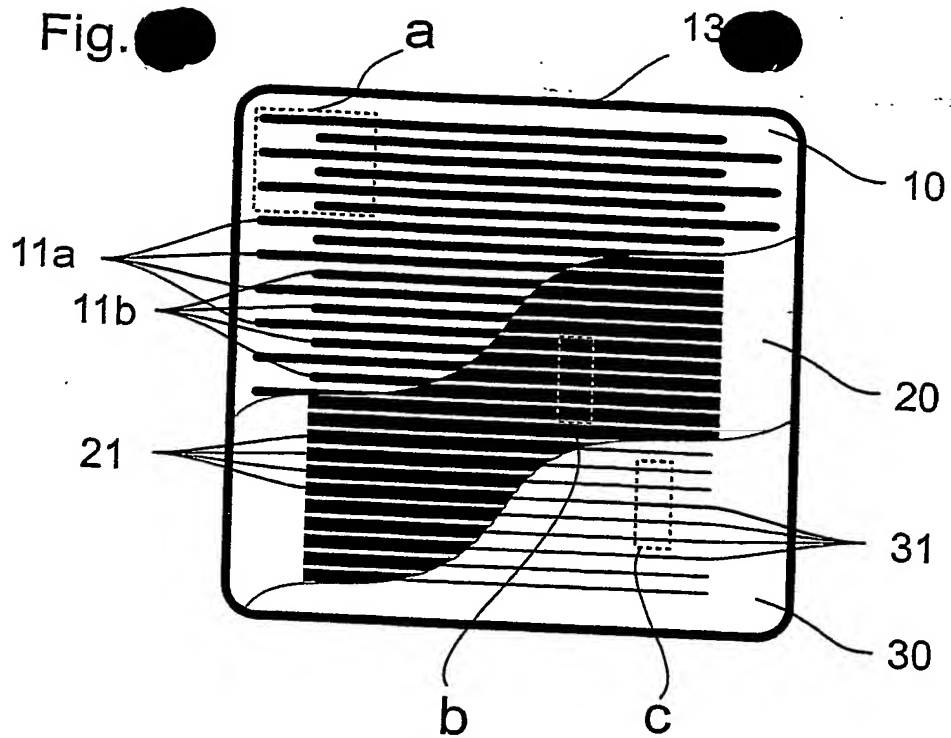


Fig. 4b

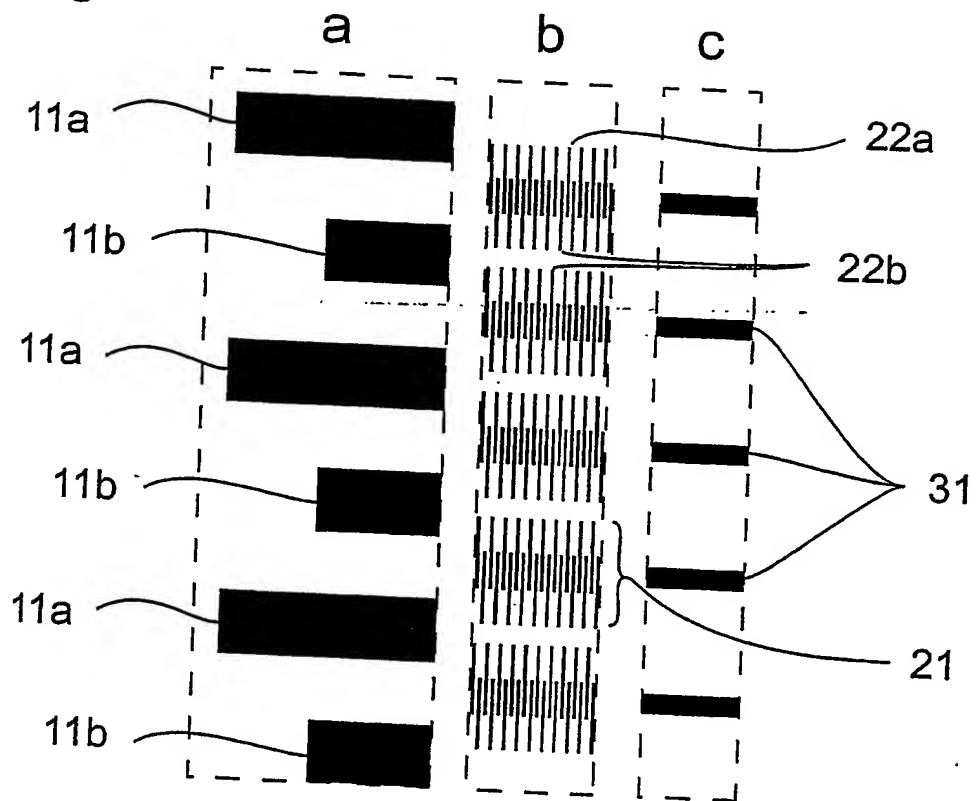


Fig.

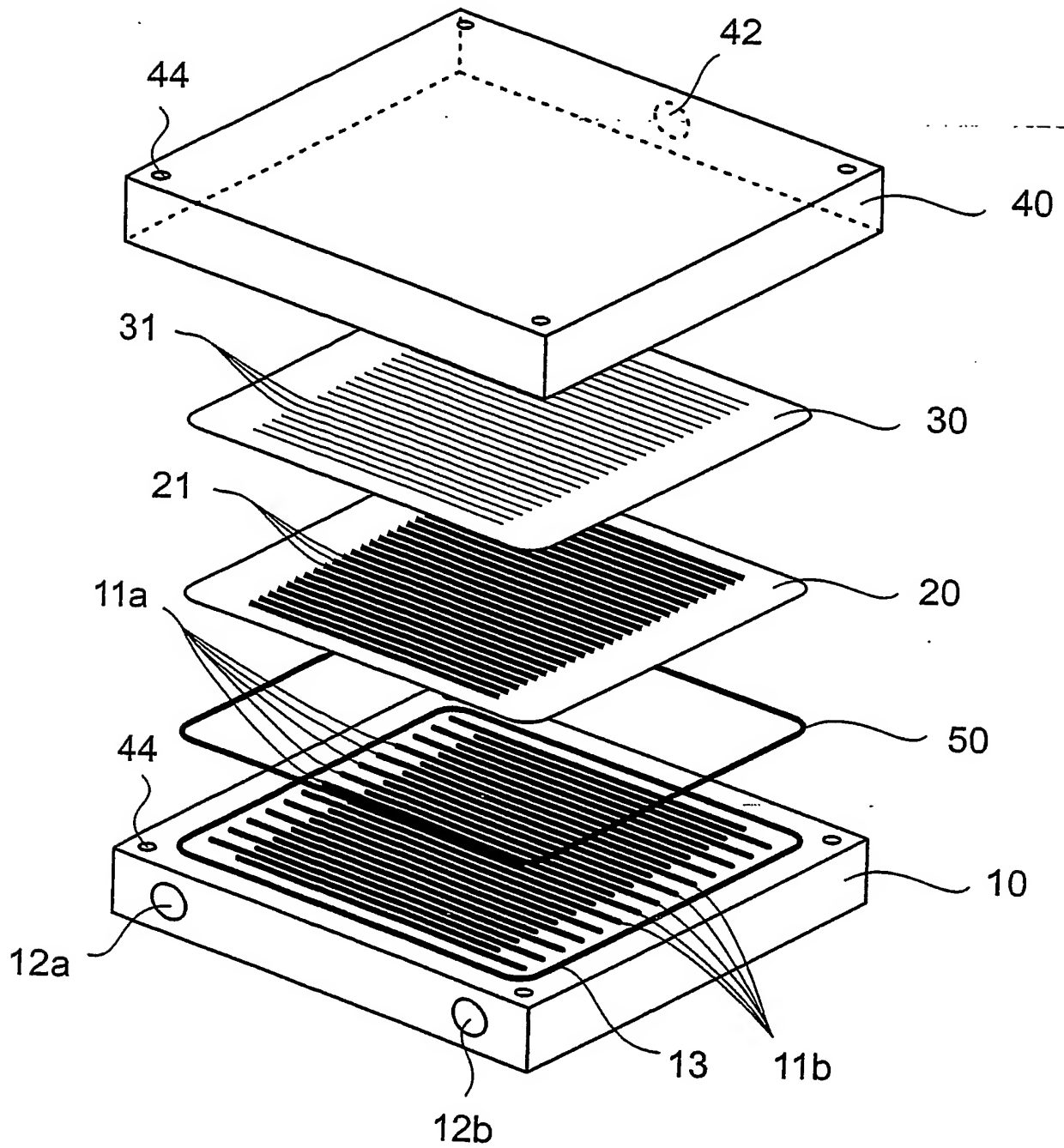


Fig. 6

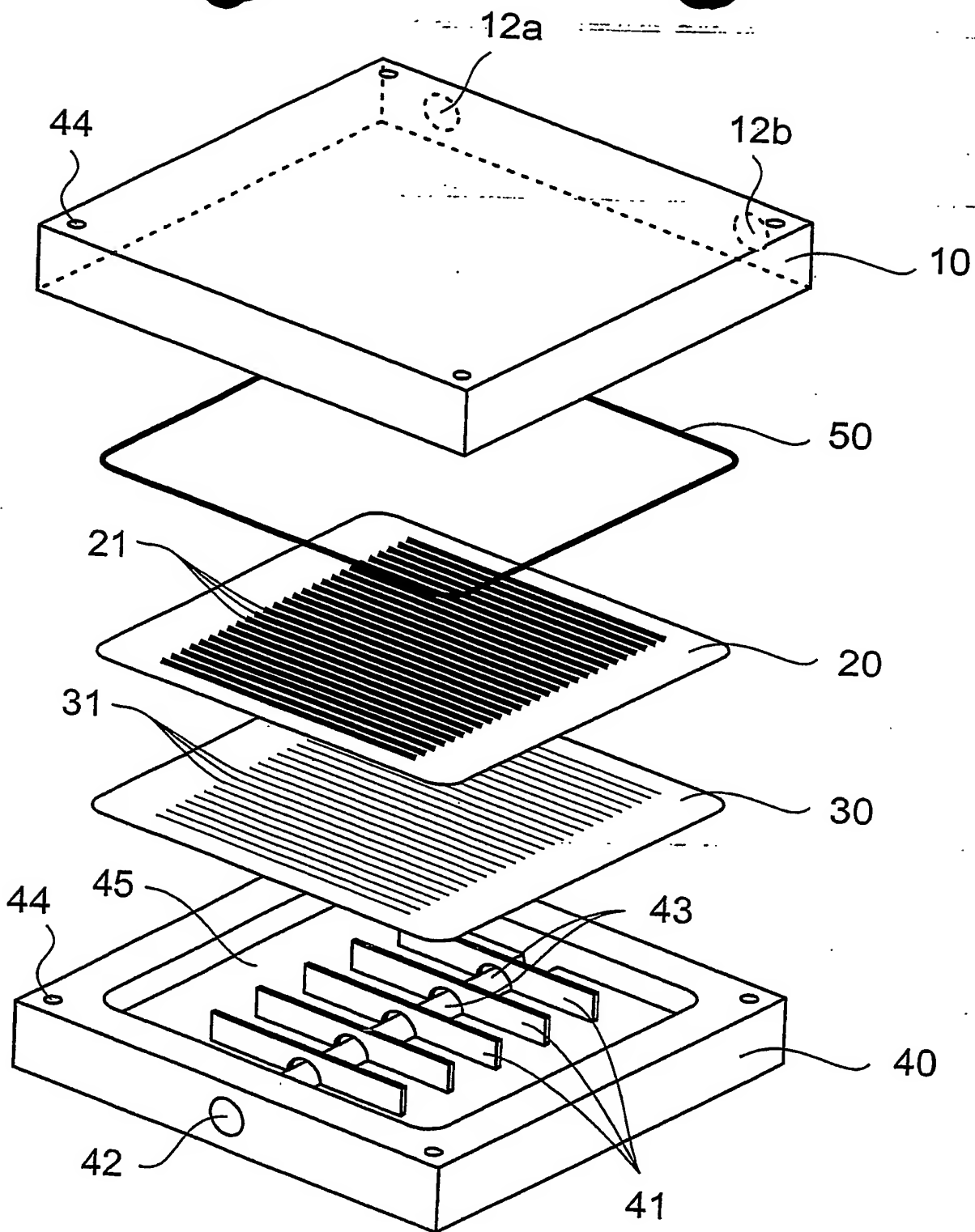


Fig. 7a

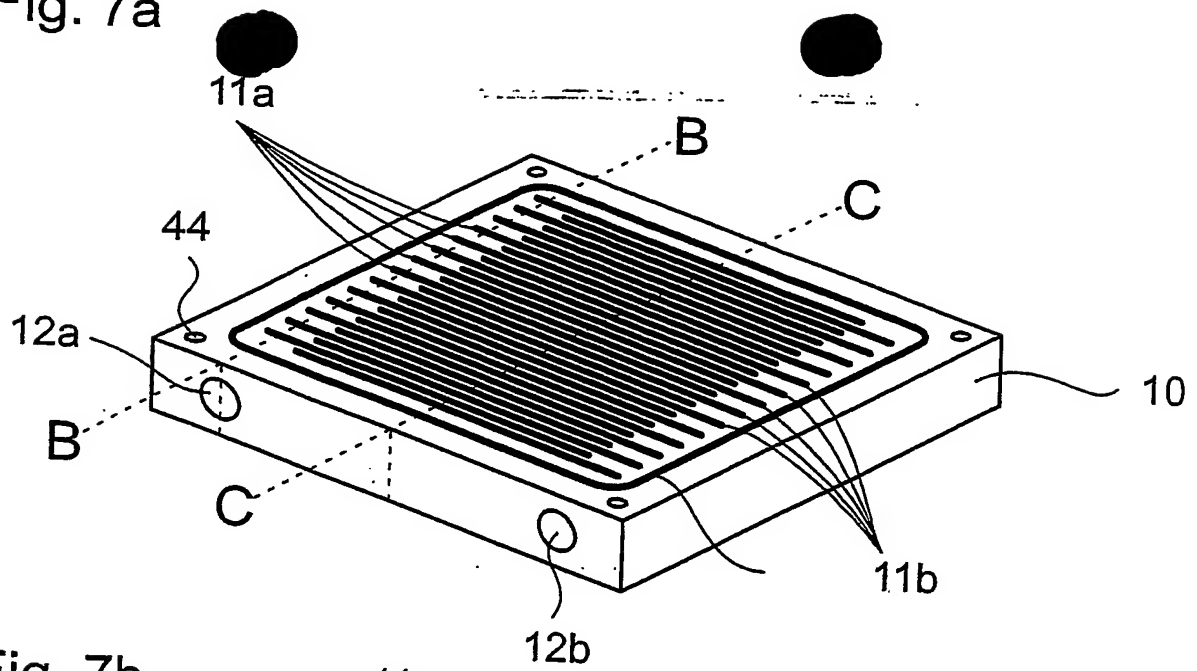


Fig. 7b

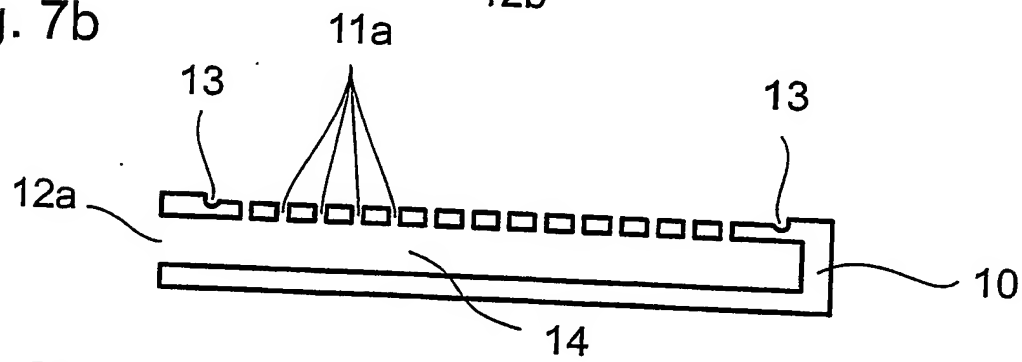


Fig. 7c

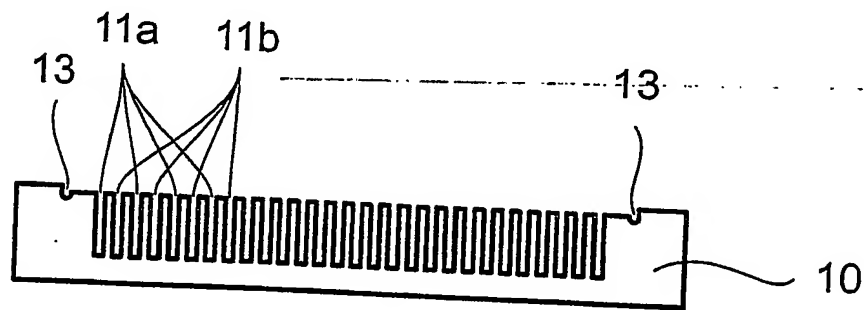


Fig. 8a

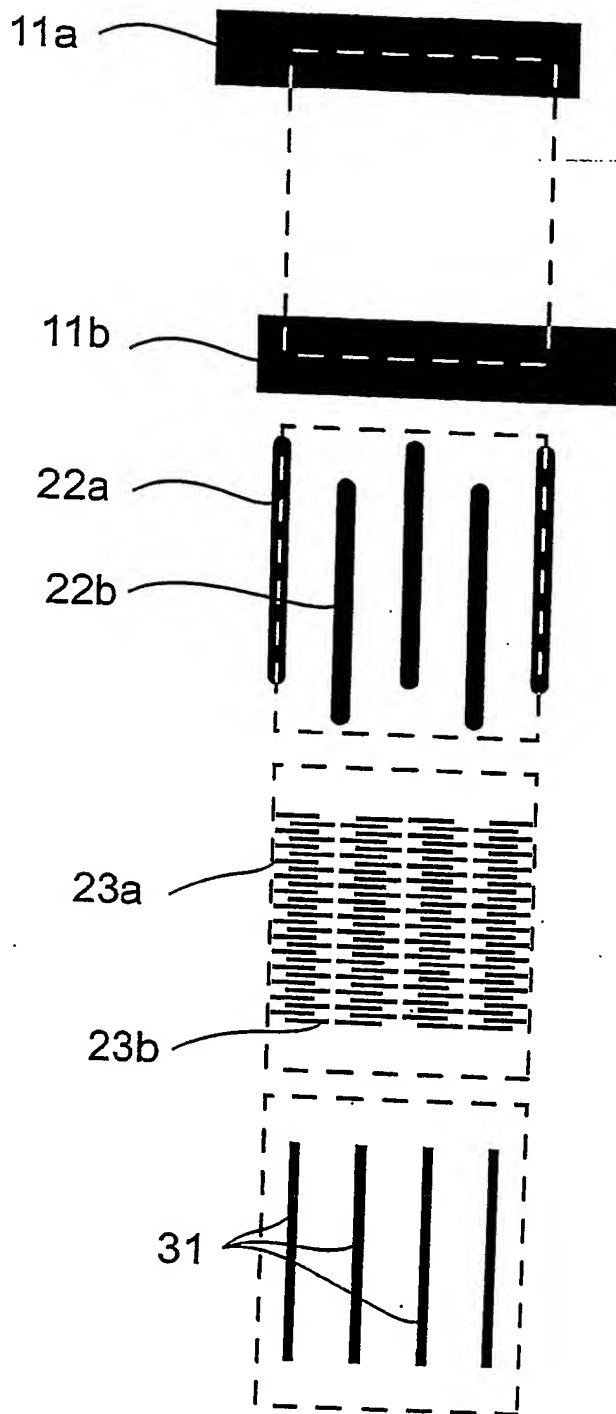


Fig. 8b

